

MODIFICACIÓN DE LA TEMPERATURA EN UNA CIUDAD DE TAMAÑO MEDIO: LA ISLA DE CALOR DE VIC (BARCELONA). RITMOS DIARIOS Y CAMBIOS DEBIDOS A LA EXPANSIÓN URBANÍSTICA.

Albert GARCIA-MANUEL, Arturo SÁNCHEZ-LORENZO,
M^a Carmen MORENO-GARCÍA, Javier MARTÍN-VIDE

Grup de Climatologia, Universitat de Barcelona

agarciamanuel@ub.edu, asanchezlorenzo@ub.edu, mcmoreno@ub.edu, jmartinvide@ub.edu

RESUMEN

El presente trabajo trata de evaluar la intensidad máxima de la isla de calor urbana en horas nocturnas para una ciudad de tamaño mediano, su evolución a lo largo del día y los cambios debidos a la expansión urbanística del municipio entre los años 2001 y 2007. El estudio se centra en la ciudad catalana de Vic (40.000 habitantes) y los datos utilizados se han obtenido mediante el método de los transectos urbanos. Este método se ha aplicado en tres momentos del día: madrugada, mediodía y 3-4 horas después de la puesta del Sol. Los principales resultados obtenidos muestran una moderada formación de la isla de calor con una intensidad máxima de hasta 6°C en noches muy despejadas de invierno. En segundo lugar, se aprecia unas notables diferencias a lo largo del día, siendo inexistente su formación al mediodía e incluso llegando a establecerse una débil isla de frescor. Finalmente, existen diferencias substanciales entre 2001 y 2007, debidas principalmente a la extensión del fenómeno y del núcleo del mismo.

Palabras clave: expansión urbanística, evolución diaria, isla de calor urbana, isla de frescor urbana.

ABSTRACT

In this study we try to evaluate the maximum intensity of the medium-sized city urban heat island during night-time. We also study the diary evolution and changes due to urban growth between 2001 and 2007. Vic is the case study, a 40.000 inhabitants city, and data has been obtained by the method of urban transects. This method has been applied in three moments of the day: early morning, midday and night (3-4 hours after sunset). The main results show a moderate urban heat island (up to 6.0°C) in winter clear nights. In second term we appreciate notable differences during the day, being inexistent at midday and even the formation of an urban cool island. Finally, it exist substantial differences between 2001 and 2007 in the phenomenon extension and its core.

Key words: diary evolution, urban cool island, urban growth, urban heat island

1. INTRODUCCIÓN

En el año 2008, según proyecciones del FMI y de la ONU, y por primera vez en la historia, la población urbana mundial superará a la rural. Hacia 2030, el 60% de la humanidad vivirá en ciudades. La Climatología Urbana es una de las disciplinas que pueden ayudar a incrementar el conocimiento del impacto que tienen y tendrán las ciudades y, en general, toda la población urbana en el medio ambiente con el fin de prevenir o mitigar los posibles colapsos en materia de recursos energéticos, hídricos y demás. Así pues, conociendo a fondo los microclimas de las ciudades, se puede llegar a optimizar la eficiencia de la energía y de los recursos utilizados por el hombre a nivel local y evitar un mal uso irreversible.

Del mismo modo que en el resto del mundo, la modificación de la temperatura por causa urbana es el fenómeno más estudiado en España. Entre muchas otras ciudades que tienen estudios sobre su isla de calor cabe destacar Barcelona (MORENO, 1993, 1994), Tarragona (BRUNET, 1989), Madrid (LÓPEZ-GÓMEZ y FERNÁNDEZ-GARCÍA, 1984), Valencia (PEREZ CUEVA y ALASTRUÉ, 1994), A Coruña (MIRAGAYA, 2003), Zaragoza (VICENTE SERRANO *et al.*, 2005), Logroño (GARCIA RUIZ *et al.*, 1989), Las Palmas de Gran Canaria (HERNANDEZ *et al.*, 2001), Granada (MONTÁVEZ *et al.*, 2000), San Sebastián (GOIKOETXEA, 1991) o Salamanca (ALONSO *et al.*, 2001). En la Tabla 1 se resumen algunas de las intensidades máximas registradas en los estudios anteriores.

De importancia para el presente trabajo es la recopilación de los trabajos realizados en ciudades medias y pequeñas de Catalunya llevado a cabo por MARTÍN-VIDE y MORENO-GARCÍA (1992) donde se reseñan los resultados para las ciudades de l'Hospitalet de Llobregat, Girona, Molins de Rei, Mataró, Igualada, Sabadell o Terrassa.

CIUDAD	Intensidad máxima	CIUDAD	Intensidad máxima
Valencia	10°C	Granada	5 °C
Madrid	9 °C	San Sebastián	4 °C
Barcelona	8 °C	Girona	3 °C
A Coruña	7 °C	Logroño	3°C
Valladolid	7 °C	Sta. Cruz de Tenerife	3 °C
Zaragoza	5 °C	Teruel	2 °C

Tabla 1: INTENSIDAD DE ISLA DE CALOR DE ALGUNAS CIUDADES ESPAÑOLAS

Estos estudios sobre ciudades catalanas de diferente tamaño hacen que los resultados obtenidos en la ciudad de Vic cobren interés dadas sus particularidades climáticas y topográficas de su emplazamiento. Así pues, el objetivo general de esta investigación consiste en profundizar en el conocimiento de los impactos que tiene el área urbana de la ciudad de Vic en la temperatura ambiental, evaluando la intensidad máxima del fenómeno de la isla de calor urbana, así como su estructura espacial y su evolución a lo largo del día.

Finalmente, se intenta establecer posibles correlaciones con otras variables meteorológicas, así como constatar las diferencias debidas a la expansión urbanística de los últimos años en el fenómeno nocturno de la isla de calor.

1.1. Marco geográfico

La ciudad de Vic (Fig.1), capital de la comarca de Osona (Barcelona), está ubicada en el centro de Catalunya, entre el Sistema Costero Catalán, la Serralada Transversal y los Pirineos. Urbanísticamente, es una ciudad con un aspecto radial y con un crecimiento espacial que, a lo largo de los siglos, ha ido evolucionando siguiendo los caminos rurales preexistentes que unían las diferentes poblaciones de la región (Manlleu, Gurb, Taradell, Roda de Ter, etc.).

Los primeros asentamientos romanos se localizan en el Casco Antiguo, en una zona ligeramente elevada pero que hoy día es prácticamente indetectable por el transeúnte. Antiguamente las murallas de Pere III circundaban la parte vieja de la ciudad. Con su eliminación aparecieron unas ramblas de circunvalación que la rodeaban y permitían que la ciudad creciese con diversas zonas de ensanches. Estas zonas de nueva edificación aparecieron a finales del siglo XVIII, durante el siglo XIX e inicios del XX y se caracterizaban por calles más anchas que las del Casco Antiguo y por tener edificios más elevados. No es hasta los años 50 del siglo pasado cuando la ciudad empieza a crecer considerablemente en extensión y en población; empiezan a crearse nuevos barrios por los cuatro puntos cardinales y se planifica la construcción de los polígonos industriales al norte de la ciudad (Fig. 2).



Fig. 1: Imagen aérea de la ciudad de Vic y su entorno rural. Fuente: *Google Earth*.

2 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la investigación se ha utilizado la conocida técnica de los transectos recorridos con un vehículo equipado con una estación termohigrométrica de baja inercia. El aparato utilizado para medir la temperatura es un termohigrómetro digital Hanna, modelo HI-8564, con sonda de ambiente instalado en la parte superior del vehículo, a unos 1,5 metros del suelo, con un protector de plástico opaco para evitar la radiación solar directa y el contacto con la lluvia.

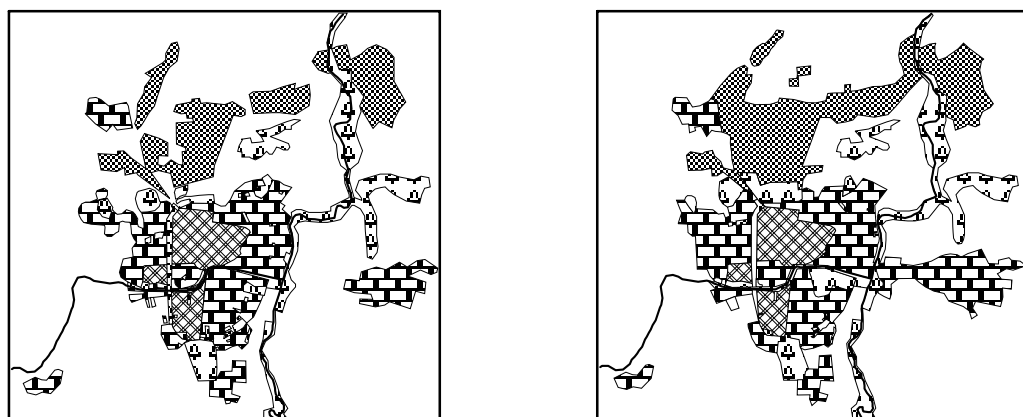


Fig. 2: Mapas de usos de suelo de la ciudad en el 2001 (izquierda) y 2006 (derecha). — Río; zona residencial; zona comercial; zona industrial; zonas verdes.

Las mediciones se han realizado todos los viernes en tres momentos del día. Dado que la temperatura mínima y la máxima se alcanzan hacia la madrugada, al salir el sol, y hacia el mediodía, respectivamente, y no existen importantes variaciones en los valores térmicos, se aprovecha para hacer dos tomas de medidas en estos instantes. Las últimas mediciones tienen lugar entre 3 y 4 horas después de la puesta del sol, cuando el fenómeno de la isla de calor es más intenso.

Aparte de los datos suministrados por el termohigrómetro, se anotan los datos de nubosidad a la hora de inicio de cada muestreo. También se registran los valores de dirección y velocidad del viento de la estación automática de La Guixa. Con el objetivo de relacionar las intensidades de isla de calor con diferentes situaciones sinópticas se clasifica manualmente cada día de muestreo a partir de MARTÍN-VIDE (2005).

Para poder realizar una aproximación al impacto originado por el crecimiento urbano sobre el campo térmico, la investigación empezó con una primera campaña realizada entre 2001 y 2002 y una segunda, entre 2006 y 2007.

2.1. Diseño del trabajo de campo

En primer lugar se realiza el diseño de los transectos a recorrer con el vehículo. Dicho diseño tiene que proporcionar información del máximo territorio posible y de las diferentes características edificatorias y urbanas de la ciudad. En total, se plantearon 7 transectos obteniendo 139 puntos de medida repartidos por los diferentes barrios de la ciudad, zonas rurales circundantes y polígonos industriales (Fig. 3). El recorrido total, incluyendo los tramos de enlace de un transecto al otro, es de unos 50 kilómetros, lo que nos permite tener una malla lo suficientemente densa como para realizar una cartografía fina del fenómeno.

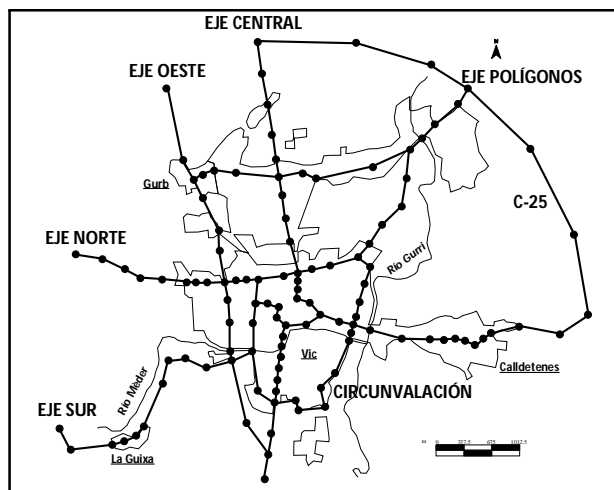


Fig. 3: Transectos urbanos

Para poder considerar los valores obtenidos como significativos y proceder con su cartografía se ha intentado que los diferentes transectos se crucen entre sí en diferentes puntos (29). Se ha establecido el umbral de 1°C de diferencia entre un transecto y otro en un mismo punto como límite para considerar las medidas como cuasi simultáneas. Los principales puntos de corte se sitúan cerca del centro urbano de la ciudad, a saber: Plaça Jaume Balmes, el Portalet, el cruce entre la calle Manlleu con la Ronda Camprodon y la Plaça Santa Clara.

2.3 Tratamiento de los datos

Una vez obtenidos los datos de campo se procede a realizar una corrección horaria para así poder trabajar con resultados más reales y más aproximados a una cartografía instantánea del fenómeno. La técnica de corrección utilizada consiste, en primer lugar, en calcular el ascenso o descenso de la temperatura por minuto. Una vez obtenida esta tasa de variación térmica minutal se aplica el cambio a cada medida tomada. Así, si en una hora la temperatura ha bajado 1°C y tenemos una medida de 10°C a los 30 minutos del inicio del experimento, aplicando la tasa de variación térmica minutal, tendremos que el valor real es de 10.5°C .

Una vez corregidos los datos de temperatura, el siguiente paso consiste en controlar que en los puntos de corte, la temperatura no difiera en más de 1°C . De esta manera se descartan todas aquellas experiencias que no se puedan considerar cuasi-simultáneas. Con los días válidos para el estudio se obtiene una media de cada punto de corte para poder cartografiar correctamente y no crear la paradoja en la que en unas mismas coordenadas haya dos o tres valores diferentes de temperatura. La presentación de los mapas se ha realizado con el programa *Golden Software Surfer 8.0*, de cartografía automática digital utilizando la técnica del *kriging*.

3 RESULTADOS

Para la campaña 01-02, el 100% de los días con viento inferior a los 2.0 m/s y el 87.5% de los días con menos de 4/8 de cielo cubierto se registraron intensidades superiores a los 4.0°C. En cambio, el 33.3% de los días con viento superior a los 2.0 m/s, el 50% de los días con más de 4/8 de cielo cubierto y el 100% de los días con precipitación, la intensidad del fenómeno no sobrepasa los 4.0°C.

Para la campaña 06-07, el 61.5% de los días con viento inferior a los 2.0 m/s y el 69.2% de los días con menos de 4/8 de cielo cubierto, las intensidades sobrepasaban los 4.0°C. En el 40% de los días con viento superior a los 2.0 m/s, el 100% de los días con más de 4/8 de cielo cubierto y el 100% de los días de lluvia, la intensidad fue inferior a los 4.0°C.

De las medidas efectuadas se detecta la existencia de una moderada isla de calor de 3.8°C de promedio. Comparando ambas campañas, se observa un incremento en los días de intensidades más elevadas en la segunda respecto a la primera (Fig. 4).

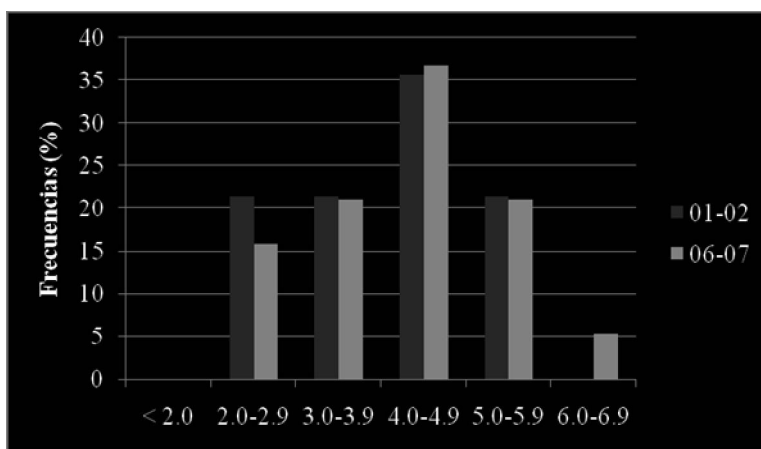


Fig. 4: Distribución de frecuencias para las diferentes clases de intensidades del fenómeno para las dos campañas.

En la Tabla 2 se indica la distribución sinóptica de los días con intensidades superiores e inferiores a los 4.0°C. Como se ha comprobado en otros estudios, son las situaciones anticiclónicas las que favorecen los fenómenos más intensos de isla de calor. La mayor pérdida radiativa de las zonas rurales es favorecida en estas configuraciones sinópticas.

Por el contrario, las intensidades inferiores a los 4.0°C son más variadas (Tabla 3). En el cómputo total de las dos campañas, se demuestra que en situaciones de elevada inestabilidad (levantes, bajas centradas) se darán las intensidades más débiles del fenómeno en mayor proporción respecto a otras.

Situación sinóptica	01-02	06-07	TOTAL
A	87.5	53.8	66.5
NW, N, NE	12.5	15.4	14.4
S		7.7	4.8
WA, W		23.1	14.3

Tabla 2: DIFERENTES SITUACIONES SINÓPTICAS EN LAS QUE SE SUPERAN LOS 4.0°C DE INTENSIDAD (A: ANTICICLÓN; NW: ADVECCIÓN DEL NOROESTE; S: ADVECCIÓN DEL SUR; WA: ADVECCIÓN DEL OESTE ANTICICLÓNICA; NE: ADVECCIÓN DEL NORESTE; W: ADVECCIÓN DEL OESTE; N: ADVECCIÓN DEL NORTE) (EXPRESADO EN PORCENTAJE DEL N° DE DÍAS).

Situación sinóptica	01-02	06-07	TOTAL
A	33.3		18.2
EGF, E, B	50.0	40.0	45.4
W		40.0	18.2
NE	16.7		9.1
SW		20.0	9.1

Tabla 3: DIFERENTES SITUACIONES EN LAS QUE NO SE SUPERAN LOS 4.0°C (A: ANTICICLÓN; SW: ADVECCIÓN DEL SUROESTE; EGF: ADVECCIÓN DEL ESTE CON GOTA FRÍA; E: ADVECCIÓN DEL ESTE; B: BAJA CENTRADA; NE: ADVECCIÓN DEL NORESTE; W: ADVECCIÓN DEL OESTE). (EXPRESADO EN PORCENTAJE DEL N° DE DÍAS).

En un 28.6% y un 10.5% para la primera y segunda campaña, respectivamente, se forma un núcleo secundario de la isla de calor en la mitad sur de Vic, entre los barrios del Remei y Pla de l'Estadi. En un 57.1% y un 42.1% de las medidas de la primera y segunda campaña, aparece un importante gradiente térmico en el sector oeste de la ciudad. En un 28.6% y un 26.3% de los datos aparece este importante gradiente al sur de la ciudad. En un 35.7% y un 15.8% de las medidas, aparece un elevado gradiente térmico al límite este de la ciudad. En un 15.8% de los datos de la segunda campaña aparece un fuerte gradiente térmico al norte del sector industrial, mientras que en la primera campaña era inexistente. Estos cambios se explicarían por la urbanización de la ciudad hacia poniente y hacía levante, sobretudo en el sector de Sant Llàtzer. También es notable el incremento en los polígonos industriales, explicable por el incremento en la superficie destinada a equipamientos industriales en toda esta área del norte de la ciudad.

Finalmente, en la comparación de las cartografías de ambas campañas (Fig. 5), los resultados más importantes se podrían resumir en tres. En primer lugar el fenómeno de la isla de calor se ha ido expandiendo hacia los polígonos industriales, al norte, y también hacia al oeste y al este, favorecido por la construcción de nuevos barrios en estos dos sectores de la ciudad. En segundo lugar, el barrio de Sant Llàtzer ha experimentado un importante aumento de temperatura, igual que el área industrial. Finalmente, el núcleo de la isla de calor tiene una

dimensión ligeramente mayor en la campaña 06-07 que en la anterior, haciéndose extensible a gran parte de los barrios más céntricos de la ciudad

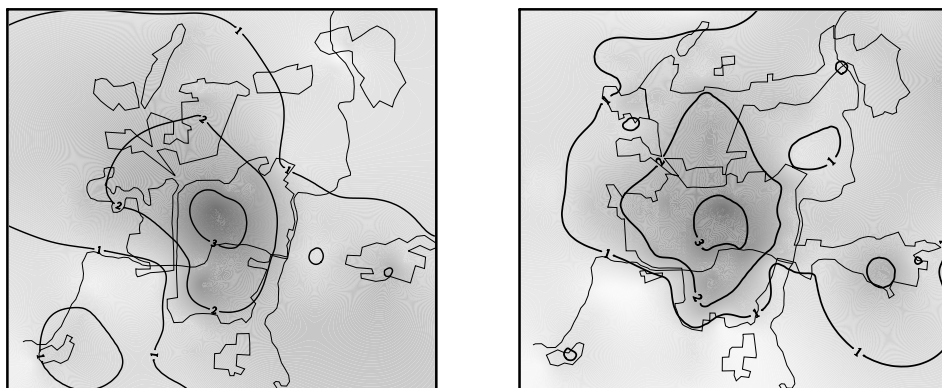


Fig. 5: Cartografías promedio para la campaña 2001-2002 (izquierda) y 2006-2007 (derecha).

3.1. Ritmo diario de la isla de calor urbana

Fijándonos en las variaciones en la configuración a lo largo del día, se observa que el fenómeno es débil por la madrugada (Fig. 6.a), con las isothermas de 1°C y 2°C circundando todo el núcleo urbano y alargándose hacia el norte. Aparecen los islotes de Calldetenes y de Gurb. También se aprecia una débil vaguada originada por el río Mèder al suroeste de la ciudad, mientras que las zonas más frías se localizan al suroeste de La Guixa, a lo largo de los cursos fluviales del Mèder y del Gurri y en torno al barrio de Osona.

Por el mediodía (Fig. 6.b), la intensidad ha disminuido hasta hacerse prácticamente inapreciable. Aparece la isoterma de 1°C, que engloba buena parte de la ciudad (centro, sur, norte y este) y que está abierta hacia el norte, a los polígonos, y a lo largo de la carretera de Manlleu. También aparece una elongación hacia el sector de Sant Llàtzer y por la carretera de Roda. Se aprecian dos débiles inflexiones en el Mèder (suroeste) y en el Gurri (este). Desaparecen los islotes de Gurb y Calldetenes detectados de madrugada.

Por la noche (Fig. 6.c) se vuelve a manifestar el fenómeno con una intensidad moderada, con las isothermas de 2°C y 3°C cerradas y concéntricas entorno al Casco Antiguo y ligeramente alargadas hacia el norte y hacia el oeste. La isoterma de 1°C cierra toda el área edificada y está abierta hacia el noreste, en la carretera C-25. Aparecen los islotes de Calldetenes y La Guixa, mientras que se manifiestan islotes de frescor en el Bosque del Puig dels Jueus y al sureste de Gurb. Se observa, también, un gradiente notable al sureste de Vic (a la entrada del río Mèder por el suroeste). Aparte de esta vaguada, aparece otra en el Gurri en el sector del barrio de Sant Llàtzer.

El núcleo de la isla de calor se localiza por la madrugada, al norte del Casco Antiguo, en la calle Manlleu y la Ronda Camprodon. Al mediodía no destaca ninguna zona central del fenómeno al ser, en promedio, prácticamente inexistente. Por la noche, el núcleo aparece en la misma zona que por la madrugada pero ligeramente desplazado hacia el oeste.

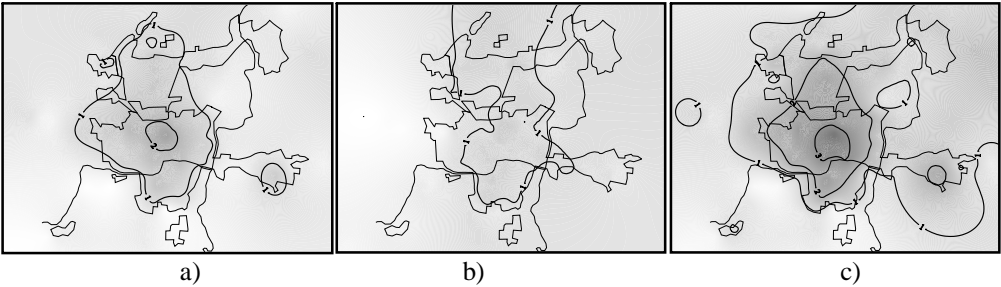


Fig. 6: Cartografía promedio por la madrugada (a), por el mediodía (b) y por la noche (c).

3.2. Correlaciones entre intensidades de isla de calor con diferentes parámetros meteorológicos.

Muchos autores han intentado establecer relaciones directas entre diferentes parámetros meteorológicos y los valores de intensidad de isla de calor. En este apartado se presentan los resultados obtenidos al correlacionar las intensidades de isla de calor y las variables de altura geopotencial a 500hPa, de temperatura a 850hPa y de presión atmosférica a nivel del mar. También se han establecido correlaciones con la nubosidad, la velocidad del viento y la diferencia térmica entre el Portalet (centro urbano) y La Guixa (zona rural). Las correlaciones significativas ($\alpha \leq 0.05$) se resumen en la Tabla 7.

Intensidad Isla de Calor	Nubosidad	Altura geopotencial 500 hPa	Portalet-La Guixa
MADRUGADA	-0.79	-0.52	0.88
NOCHE	-0.33	-0.46	0.73

Tabla 7: COEFICIENTES DE CORRELACIÓN SIGNIFICATIVOS.

4. CONCLUSIONES

Existe, con moderada formación, el fenómeno de la isla de calor en la ciudad de Vic. Los factores explicativos se pueden resumir en el tamaño poblacional de la ciudad, la extensión del área urbanizada, el consumo energético y la elevada movilidad de la ciudad en relación con otros núcleos de la comarca. El crecimiento sufrido por la ciudad se ha traducido en un mayor número de días con intensidades superiores a los 4.0°C. Las condiciones climáticas invernales y la topografía local son factores determinantes para lograr los valores máximos de isla de calor (6.6°C).

El fenómeno nocturno es más intenso cuando las condiciones meteorológicas se caracterizan por ausencia de viento, cielo poco cubierto y, generalmente, bajo situaciones anticiclónicas. Por el contrario, las situaciones más desfavorables son aquellas marcadas por la inestabilidad, con cielo cubierto, presencia de viento moderado e incluso, lluvia. Todo esto viene corroborado por los resultados obtenidos con las correlaciones ya que existe una elevada correlación inversa con la nubosidad y la altura geopotencial a 500 hPa con los muestreos nocturnos.

En cuanto a las características morfológicas de la isla de calor, el tránsito, el trazado urbano y la localización de los usos comerciales entorno al Casco Antiguo podrían ser los factores condicionantes para que la temperatura máxima o el núcleo del fenómeno se sitúe en esta zona. La presencia de los dos ríos de la ciudad (Mèder y Gurri) explica la formación de dos vaguadas en la isla de calor. Además, el Passeig de Pep Ventura y el Parc Balmes comportan una extensión más importante de la vaguada del Mèder hacia el centro de la ciudad.

La existencia de los polígonos industriales al norte y noreste de la ciudad explica el descenso gradual y suave de la temperatura y la deformación de la isla de calor hacia estos sectores. Además, el contrastado y marcado límite entre la ciudad y el campo al sur, este y oeste de Vic explica la presencia de un notable gradiente térmico en estos sectores. La expansión urbana del núcleo urbano de Vic ha repercutido sustancialmente en la forma del fenómeno, tal y como se puede observar en las diferencias existentes entre las cartografías de las dos campañas.

Finalmente se constata la existencia de un ritmo diario de la isla de calor, moderada por la madrugada, inexistente al mediodía e intensa por la noche. La relativa tranquilidad nocturna favorece que la localización del máximo por la madrugada se reparta entre el norte y el oeste del Casco Antiguo, mientras que después de la puesta del sol y con la dinámica urbana diaria aun presente, el máximo nocturno se localiza, mayoritariamente, al norte.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación otorgada por el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) mediante el proyecto IPIBEX (CGL2005-07664-C02-01, 2006-2008). Los dos primeros autores disfrutaron de una beca FPU del MEC. A Cristina Torres y Joan Antoni Garcia por su dedicación y apoyo en la toma de medidas.

6. REFERENCIAS

- ALONSO, M.S.; LABAJO, J.L. y FIDALGO, M.R. (2003): "Characteristics of the urban heat island in the city of Salamanca, Spain". *Atmósfera*, 003, 137-148.
- BRUNET, M. (1989): "Los efectos de la urbanización en el clima local. Un ensayo de Climatología urbana: el caso de Tarragona". Tesis doctoral. Universitat de Tarragona, Vol. 1, 2 i 3. Inèdita.
- GARCÍA-RUIZ, J.M.; GÓMEZ-VILLAR, A.; ORTIGOSA-IZQUIERDO, L.M. y ARNÁEZ-VADILLO, J. (1989): "Organización espacial de las temperaturas en la ciudad de Logroño". *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 15, 87-98.
- GOIKOETXEA, I. (1991): "El medio ambiente urbano en Donostia. Observaciones sobre la isla de calor generada en el medio urbano". *Lurralde*, 14, 143-162.
- HERNÁNDEZ, A.I.; MÁRQUEZ, J.A.; RIVERO, A.; y ROMERO, L.E. (2001): "La "Isla de Calor" en Las Palmas de Gran Canaria: Magnitud, distribución espacial y morfología urbana" en Pérez-Cueva *et al.* (coord) *El Tiempo del Clima*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (A-2). Valencia.
- LÓPEZ-GÓMEZ, A. y FERNÁNDEZ-GARCÍA, F. (1984): "La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano". *Estudios Geográficos*, 174, 5-34.

- MARTÍN-VIDE, J. y MORENO-GARCÍA, M.C. (1992): “Avance de resultados sobre la isla de calor de Barcelona y de otras ciudades catalanas”. *VI Trobades Científiques de la Mediterrània. Energia, Medi Ambient i Edificació*, 55-68, CIRIT, Generalitat de Catalunya.
- MARTÍN-VIDE, J. (2005): “Los mapas del tiempo”. Davinci Continental. Barcelona.
- MIRAGAYA-VERAS, A. (2003): “Medio ambiente urbano en A Coruña: el papel de la dinámica atmosférica y de los factores locales”. Tesis doctoral. Departamento de Xeografía. Universidad de Santiago de Compostela. Inédita.
- MONTÁVEZ, J.P.; RODRÍGUEZ, A. y JIMÉNEZ, J.I. (2000): “A study of the urban heat island of Granada”. *International Journal of Climatology*, 20, 899-911.
- MORENO-GARCÍA, M.C. (1993): “Estudio del clima urbano de Barcelona: la “isla de calor”. Oikos-Tau. Barcelona.
- MORENO-GARCÍA, M.C. (1994): “Intensity and form of the urban heat island in Barcelona”. *International Journal of Climatology*, 14, 705-710.
- PÉREZ-CUEVA, A. y ALASTRUÉ, A. (1994): “El clima urbà de València”, a *Atlas Climàtic de la Comunitat Valenciana*, 144-145. Generalitat Valenciana.
- VICENTE-SERRANO, S.; CUADRAT-PRATS, J.M. y SAZ-SÁNCHEZ, M. (2005): “Spatial patterns of the urban heat island in Zaragoza (Spain)”. *Climate Research*, 30, 61-69.